

Análise dos padrões espaciais de *Ocotea odorifera* (vell.) rohwer na floresta nacional de Irati (PR)

Spatial patterns analysis of *Ocotea odorifera* (vell.) rohwer in araucarian forest of Paraná state

Cilmar Antônio Dalmaso^{1(*)}

Mario Takao Inoue¹

Paulo Costa de Oliveira Filho¹

Vânia Rossetto Marcelino¹

Gustavo Sartori Pottker¹

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar algumas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizadas para analisar os padrões espaciais da espécie *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati (PR). Foram utilizados três conjuntos de dados com um total de 5549 pares de coordenadas (indivíduos de canela-sassafrás com altura maior que 30 cm), provenientes de três hectares amostrais. O SIG implementado com a integração dos softwares TerraView e SPRING mostrou-se eficaz para análises da distribuição espacial, conversão de dados e na representação cartográfica dos indivíduos da espécie. Os resultados obtidos para as categorias regeneração e árvores adultas de *O. odorifera* são apresentados. Sentiu-se necessidade de métodos e ferramentas que permitam análises bivariadas dos padrões espaciais e opções de correção de borda na análise espacial com a função *L*. A espécie apresentou padrão espacial agregado para a regeneração natural em todas as escalas analisadas, indicando um padrão característico da espécie nas fases iniciais. Os indivíduos adultos de canela-sassafrás apresentaram em geral um padrão espacial aleatório.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Mista; estatística espacial; integração de *softwares*; canela-sassafrás.

Abstract

The objective of this paper is to present some of the Geographic Information System (GIS) tools used to analyse spatial patterns of *Ocotea odorifera* (Vell.)

¹ Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO; Endereço: BR-53, km 7, Riozinho, CEP: 84500-000, Irati, Paraná Brasil; E-mail: cilmard@gmail.com (*) Autor para correspondência / martakino@gmail.com / paulocostafh@gmail.com / vaniarossetto@gmail.com / gspottker@gmail.com

Rohwer in the National Forest of Irati (PR). It was used three data sets with a total of 5549 pairs of coordinates (canela-sassafrás trees with height above than 30 cm), from three sampled hectares. The implemented GIS with integration of TerraView and SPRING softwares showed to be effective for analysis of spatial distribution, data conversion and cartographic representation of each tree of studied species. The results for the categories regeneration and adult trees of *O. odorifera* are shown. The need of methods and tools that allow bivariate analysis of spatial patters were detected as also options of edge correction in spatial analysis with the *L* function. An aggregated spacial pattern of regeneration was found at all scales until 25 m, probably related to favorable habitat spots of site. Generally, adult plants showed a random spacial pattern.

Key words: Mixed Ombrophyllous Forest; spatial statistics; software integration; canela-sassafrás.

Introdução

O padrão espacial de uma espécie refere-se à distribuição dos seus indivíduos na superfície da floresta. O termo “padrão” neste caso é utilizado para expressar a organização e o ordenamento espacial dos indivíduos (MATTEUCCI; COLMA, 1982). Conforme Begon et al. (2006), podemos reconhecer três padrões principais de dispersão, embora eles formem parte de um *continuum*, sendo eles: aleatório (ocorre quando existe uma probabilidade igual de um organismo ocupar qualquer ponto no espaço, independentemente da posição de qualquer outro); regular (também chamada de distribuição uniforme, ocorre quando um indivíduo tem uma tendência para evitar outros indivíduos, e o resultado é que os indivíduos estão mais uniformemente espaçados do que o esperado por acaso); e agregada (também chamada de distribuição contagiosa ou agrupada, que ocorre ou quando os indivíduos tendem a ser atraídos para, ou são mais propensos a sobreviver em

partes específicas do ambiente, ou quando a presença de um indivíduo atrai ou dá origem a um outro perto dele, o resultado é que indivíduos estão mais próximos do que o esperado por acaso). A figura 1(A) mostra exemplos de padrões de distribuição espacial.

As ferramentas utilizadas para a realização de estudos e análises da distribuição espacial são bastante diversas. Atualmente os ambientes computacionais de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e os métodos de estatísticas espaciais são suportes essenciais para a análise de dados, pois permitem a união da capacidade de gerenciamento de dados de informações geográficas com as técnicas de análise da estatística espacial (GOODCHILD; HAINING, 2004; FOOK, 2005). O SPRING (CÂMARA et al., 1996), por exemplo, permite aplicar alguns métodos de análise univariada de pontos a partir de um conjunto de coordenadas espaciais (x, y). Entre as opções, a função *L* (função *K* de Ripley transformada) é a mais recomendada para descrever o padrão

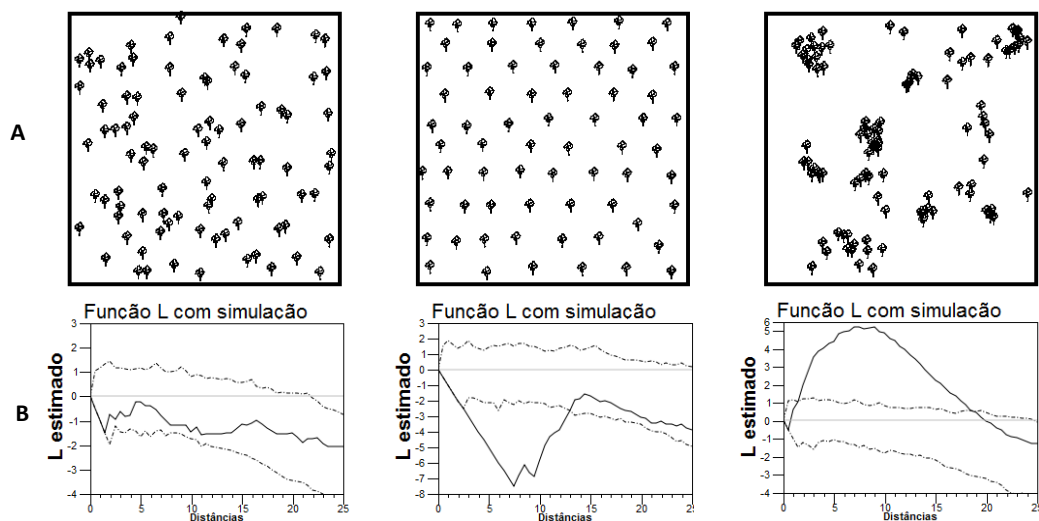


Figura 1. Exemplos de padrão aleatório (esquerda), regular (centro) e agrupado (direita) (A) analisados com a função K-univariada (L estimado) (B). Exemplos gerados no Spring com dados fictícios.

Figure 1. Examples of random pattern (left), regular (center) and grouped (right) (A) analysed using the K-univariate function [L estimated] (right B). Examples created by Spring with artificial data.

espacial de árvores. Esta função tem a capacidade de avaliar o padrão de pontos (eventos) em diversas escalas (RIPLEY, 1977, 1981). A noção gráfica intuitiva do que está consagrado na função K pode ser imaginada como um conjunto de círculos concêntricos, centrados em um evento com um espaçamento definido, onde o número acumulado de eventos em cada uma dessas distâncias “bandas” é contado (BAILEY; GATRELL, 1995). Assim, para um processo “aleatório” o número esperado de eventos dentro de uma distância d de um evento ao acaso é dado apenas por $\lambda\pi d^2$ e, conforme a definição da função K , espera-se $K(d) = \pi d^2$ para um processo homogêneo sem dependência espacial (BAILEY; GATRELL, 1995). Sob regularidade $K(d)$ seria inferior a πd^2 , e sob agrupamento $K(d)$ seria maior do que πd^2 .

A definição da função K é dada por:
 $\lambda K(d) = E[\#(\text{eventos a partir de uma distância } d \text{ de um evento arbitrário})]$

Onde:

significa ‘o número de’,
 $E()$ é o operador esperança, e
 λ é a intensidade média do número de eventos por unidade de área, assumindo um valor constante em toda a área.

A função K é uma estimativa que está relacionada com propriedades de segunda ordem de um processo isotrópico e fornece um resumo dos dados espaciais (eventos). Os pares de distâncias observadas $s_{ij} = |x_i - x_j|$ em um padrão de dados x constituem uma amostra parcial de distâncias entre pares no processo de ponto, com um viés em favor das distâncias menores (BADDELEY, 2010).

Muitas vezes, a variância da função K estimada aumenta rapidamente para grandes distâncias e seu comportamento pode parecer errático (SCHABENBERGER; GOTWAY, 2005). Esses problemas resultaram na ampla adoção de uma estimativa derivada, com melhores propriedades estatísticas quando comparada à K , chamada de função L .

Ela é dada por:

$$\hat{L}(d) = \sqrt{\frac{\hat{K}(d)}{\pi}} - d$$

A função $\hat{L}(d)$ indica agregação para valores acima de zero e regularidade quando abaixo de zero. Sob completa aleatoriedade espacial, é esperado que os valores posicionem-se próximos a zero. A significância do teste pode ser calculada através do Processo de Poisson. Os testes para a hipótese nula do padrão espacial são realizados por inúmeras simulações pelo procedimento de Monte Carlo e a função estimada é comparada com a função teórica sob a hipótese nula, H_0 (Completa Aleatoriedade Espacial), cujo valor é zero em todas as distâncias. Limites de rejeição para o teste são estimados com os envelopes de simulações. Quanto maior for o número de simulações, melhor o valor de p estimado (BAROT et al., 1999).

Diggle (2003) afirma que os envelopes de significância realizados com base em 500 repetições parecem adequados (para $\alpha = 0,01$).

Os resultados são descritos por meio dos gráficos em que o eixo das ordenadas corresponde ao valor estimado e transformado de K (L estimado) e o eixo das abscissas corresponde à distância (escala). Quando a função empírica (" L estimado" - linha sólida, figura 1(B)) supera o valor teórico esperado (envelope de confiança - linhas tracejadas, figura 1(B)), assumindo que os pontos são completamente aleatórios, significa agrupamento; já num padrão aleatório, a função empírica (L estimado) deve estar dentro dos limites de confiança; no padrão regular a função (L estimado) está abaixo do limite de confiança (Figura 1(B)).

O efeito de borda pode afetar a qualidade das análises de estatística espacial e manifesta-se com diferentes influências de acordo com a forma e o tamanho da área de estudo. Existem métodos para a correção do efeito de borda que podem ser adotados para cada situação. Ripley (1977) propôs que a estimativa de pontos perto da borda pode ser obtida com um peso proporcional para a porção do círculo que está fora do limite da área de estudo (Figura 2) (CRUZ ROT, 2006). O peso, ω_{ij} , para um par de pontos i e j , é dado pela proporção da circunferência ou área do círculo, com o seu centro no ponto i e passando através do ponto j , contido dentro da região do estudo; se o círculo é completamente contido dentro da área de estudo $\omega_{ij} = 1$, caso contrário, $\omega_{ij} < 1$ (PERRY et al., 2006).

O algoritmo da função K basicamente define um círculo de raio r ao redor de cada

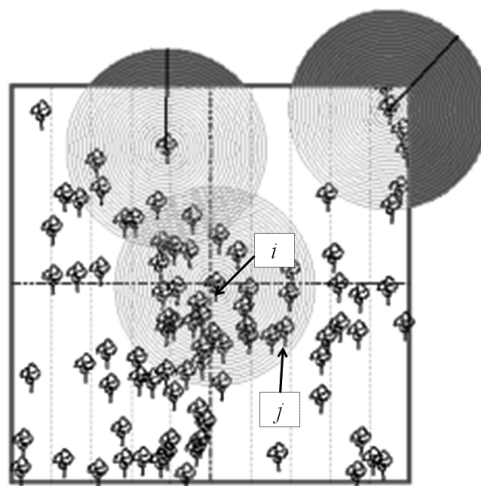


Figura 2. Correção do efeito de borda pelo Método de Ripley. Fonte: Adaptado de Cruz Rot (2006).

Figure 2. Edge correction using Ripley's Method. Source: Adapted from Cruz Rot (2006).

evento mapeado. O número de eventos localizados dentro deste círculo é contado, excluindo-se o evento central. Então o raio é aumentado gradualmente, e o número de eventos é recontado após cada incremento.

Conhecer o padrão espacial pode ser o primeiro passo para investigar as variáveis que definiram a configuração espacial e contribuíram para a distribuição natural da espécie. Padrões espaciais de plantas em comunidades naturais carregam informações sobre os processos que operaram no passado e formam o modelo no qual os processos terão lugar no futuro (LAW et al., 2009). Dessa forma, compreender como estão organizadas as comunidades e populações vegetais desde o ponto de vista da sua estrutura espacial é fundamental para definir estratégias de manejo e conservação dos recursos florestais.

Visando contribuir para a compreensão da organização de populações vegetais, este

estudo teve o objetivo de apresentar algumas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizadas para analisar os padrões espaciais da espécie *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati (PR).

Metodologia

Para este trabalho foram utilizados dados de 2011 coletados num experimento multidisciplinar com parcelas permanentes instaladas na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, localizada na região centro-sul do estado do Paraná entre os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares. A figura 3 traz a localização dos três blocos amostrais.

No experimento das parcelas permanentes foram escolhidos três blocos

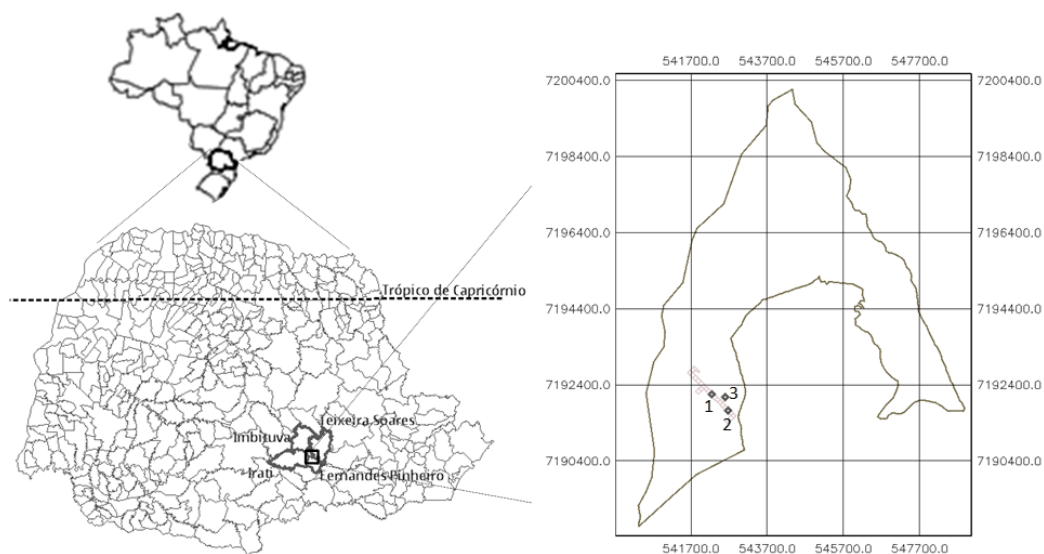


Figura 3. Localização geográfica da FLONA de Irati, entre os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares no estado do Paraná, Brasil. Destaque para os três blocos amostrais (1, 2 e 3) do trabalho.

Figure 3. Geographic location of Irati's FLONA, between the cities of Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares, in State of Paraná, Brazil. Emphasis on the three sampled blocks (1, 2 and 3) from the research.

de 100 m x 100 m, os quais possuem alta densidade de árvores adultas de canela-sassafrás² e onde supostamente deve existir uma maior quantidade de regenerantes. Deste modo, a escolha dos Blocos com maior densidade de árvores adultas de *O. odorifera* teve o objetivo de focar o estudo dos padrões das categorias regenerantes e associações com as árvores adultas. A unidade de amostra (Bloco) foi dividida em quatro parcelas contíguas de 50 m x 50 m. Para facilitar a numeração e o mapeamento dos representantes da espécie foram instaladas 5 faixas de 10 m x 50 m em cada parcela. Para realizar a medição e o registro das coordenadas dos eventos, foi utilizada uma trena de 50 m para dividir cada faixa em duas partes iguais de 5 m x 50 m (Figura 4).

Em cada Bloco todos os indivíduos de canela-sassafrás com mais de 30 cm de altura total foram mapeados por coordenadas cartesianas locais e mensurados quanto à altura total e DAP (quando ≥ 3 cm). As alturas maiores que 3 m foram estimadas.

Após a coleta de dados os indivíduos de cada amostra foram classificados nas duas categorias listadas:

- Adultas – Plantas maiores, a partir de 10 cm de DAP;
- Regenerantes – Plantas menores que 10 cm de DAP.

2 Foram escolhidas as áreas com maior densidade de canela-sassafrás adulta a partir dos dados prévios do inventário das parcelas permanentes fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO. Para tanto, foi implementado um banco de dados geográfico orientado a objetos por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software SPRING (CÂMARA et al., 1996). Com os dados alimentados em SIG, foi possível realizar consultas espaciais por expressão lógica e elaborar esquemas gráficos. Este procedimento foi útil para selecionar as três áreas deste estudo com maior número de árvores adultas.

Para a implementação do SIG optou-se pelo uso dos *softwares* livres TerraView 4.0.0 e SPRING 5.2 que são aplicativos desenvolvidos e disponibilizados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia/INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Os passos seguidos para a importação dos dados compreenderam:

1. Transformação de planilhas do Excel em Tabelas de Banco de Dados para o formato DBF 4 (dBASE IV);
2. Importação de Dados para Sistema de Informações Geográficas (TerraView) por meio da rotina Arquivo/Importar Tabela de Pontos;
3. Exportação para o formato SPRING pela rotina Arquivo/Exportação Vetorial, categoria “Cadastral”. Dois arquivos foram criados, um com dados de tabela (Extensão _TAB.spr) e outro com os dados vetoriais (Extensão _P2D.spr).
4. No SPRING, os arquivos tabelares foram importados pela rotina “Arquivo/Assistentes/Importação e Exportação de Tabela”, “importar”, “próximo”, selecionou-se o arquivo com extensão _TAB.spr e foi criado “Nova Categoria de Objetos e Tabela de Atributos”. Os arquivos vetoriais foram importados pelos menus “Arquivo/Importar/Importar Dados Vetoriais e Matriciais”. Selecionou-se o arquivo com extensão _P2D.spr, foi definida a entidade (neste caso, Pontos 2D) a escala desejada, “Projeção” “No Projection”, o “Retângulo Envolvente” definido de acordo com o tamanho da área de estudo. Na mesma janela, na aba “Saída” foi definido o nome do projeto, a “Categoria” = “CAT_Cadastral” e o nome do plano de informação a ser gerado.

Após a implementação do SIG, foram feitas algumas consultas por atributo

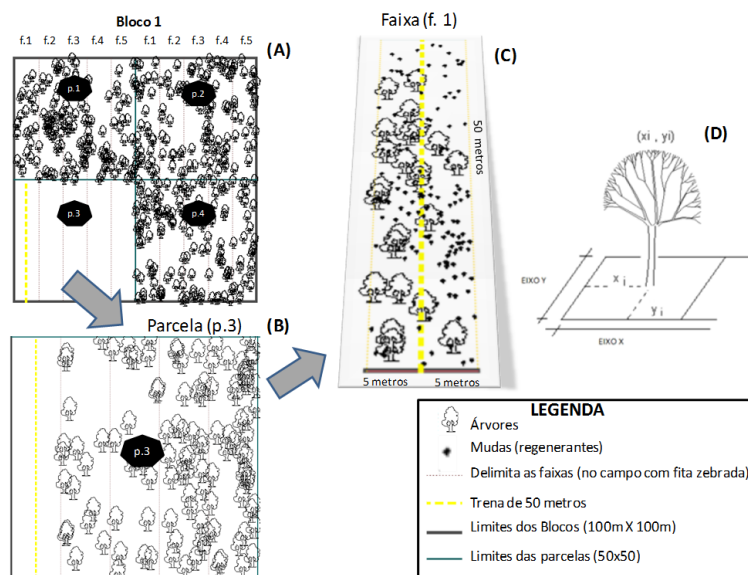


Figura 4. Croqui de localização das árvores no Bloco com indicação dos limites das parcelas e faixas Localização das árvores, das faixas e das parcelas no Bloco (A); localização das árvores e faixas na parcela (B); localização das árvores e indivíduos regenerantes na faixa (C); esquema utilizado para registrar a localização por coordenadas cartesianas (D).

Figure 4. Sketch with location of trees in the block with indication of the limits of the parcels and bands. Location of trees, of bands and parcels in block (A); location of trees and bands in parcel (B); location of trees and seedlings in the band (C); scheme used to register the location by cartesian coordinates (D).

aos dados e inferências sobre a distribuição espacial da regeneração e das possíveis plantas matrizes. Os padrões espaciais foram descritos com a análise de estatística espacial univariada pela função L com simulação. Em todos os casos o modelo nulo (hipótese de aleatoriedade espacial) foi gerado com 500 simulações Monte Carlo para $\alpha = 0,01$ com os limites de confiança. A correção da bordadura em qualquer estimador da função K impõe uma restrição sobre a amplitude da escala espacial em que a função pode ser adequadamente estimada (CAPRETZ, 2004). A escala de distância utilizada neste estudo vai de 0 a 25 m, de modo a proporcionar estimativas não viciadas.

No *software* “R” versão 2.15.0 (R, 2012) foram gerados mapas de contorno referentes

à estimativa da densidade de árvores com aplicação do estimador de densidade de Kernel. O pacote utilizado no R foi o “spatstat” versão 1.27-0 (BADDELEY; TURNER, 2005).

Resultados e Discussão

No total foram mensurados 5549 indivíduos de canela-sassafrás com altura maior que 30 cm. O Bloco 1, com a maior densidade, apresentou um total de 2929 indivíduos; o Bloco 2 apresentou um total de 871 indivíduos; e o Bloco 3 contabilizou 1749 indivíduos. A distribuição de frequência nas categorias adulta ($DAP \geq 10$ cm) e regenerante ($DAP < 10$ cm) pode ser observada na tabela 1. Um número expressivo de 1850 ind/ha (0.18 ind/m^2) de canelas-sassafrás

com altura maior a 30 cm foi encontrado na área de estudo, estando relacionado à capacidade de regeneração da espécie neste sítio. A proporção de indivíduos em fase de regeneração foi elevada (superior a 90%) em relação à categoria adulta, prováveis plantas matrizes ou porta-sementes.

A proporção de indivíduos em fase de regeneração foi elevada em relação à categoria adulta, prováveis plantas matrizes ou porta-sementes. Com a utilização do SIG foi possível consultar estas informações

e elaborar esquemas gráficos ampliando as perspectivas de análise (Figura 5).

De acordo com uma análise visual é possível observar que a classe regenerante ocorre com maior frequência e que se distribuem por toda a superfície nos três blocos analisados. Não se observou, visualmente, agrupamentos para as árvores adultas. As seguintes hipóteses foram formuladas a partir dessa análise exploratória dos dados: (i) o padrão espacial aleatório predomina para a canela-sassafrás adulta e

Tabela 1. Dados básicos de análise exploratória, referentes aos três Blocos da área de estudo, na FLONA de Irati (PR)

Table 1. Basic data from exploratory analysis, surveyed at three blocks of the study area, in FLONA de Irati (PR)

Amostra	Categoria	Frequência (Ind/ha)	Proporção	Densidade (Ind/m ²)
Bloco 1	adulta	89	3%	0,0089
	regenerante	2840	97%	0,2840
Bloco 2	adulta	113	13%	0,0113
	regenerante	758	87%	0,0758
Bloco 3	adulta	223	13%	0,0223
	regenerante	1526	87%	0,1526

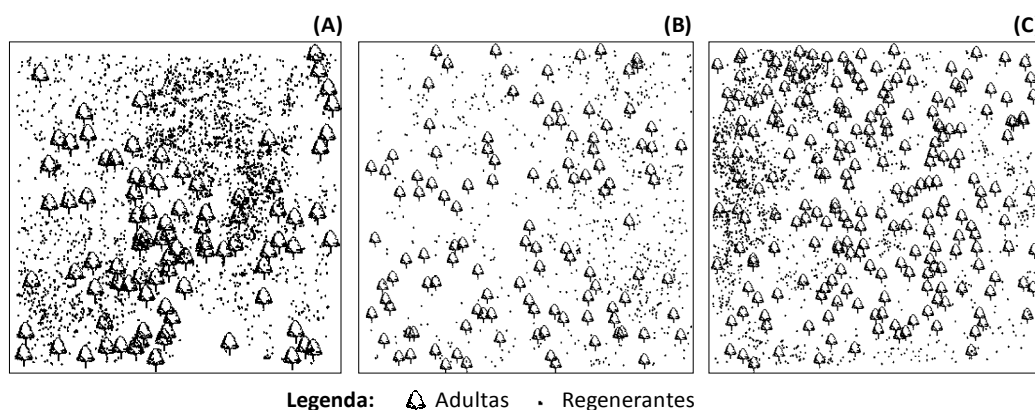


Figura 5. Padrão espacial dos indivíduos de *O. odorifera* maiores que 10 cm de DAP (Adultas) e menores que 10 cm de DAP (Regenerantes) no Bloco 1 (A), Bloco 2 (B) e Bloco 3 (C)

Figure 5. Spatial pattern of *O. odorifera* individuals with DBH larger than 10 cm (adult) and smaller than 10 cm (regenerants) in Block 1 (A), Block 2 (B) and Block 3 (C)

(ii) o espaçamento entre mudas é maior do que seria esperado para um padrão aleatório refletindo a competição por recursos.

De acordo com uma análise visual é possível observar que a classe regenerante ocorre com maior frequência e que se distribuem por toda a superfície nos três blocos analisados. Não se observou, visualmente, agrupamentos para as árvores adultas. As seguintes hipóteses foram formuladas a partir dessa análise exploratória dos dados: (i) o padrão espacial aleatório predomina para a canela-sassafrás adulta e (ii) o espaçamento entre mudas é maior do que seria esperado para um padrão aleatório refletindo a competição por recursos.

As estimativas de densidade para árvores adultas e em fase de regeneração e os gráficos da função L que descrevem os padrões espaciais são apresentadas na figura 6.

Observa-se que a superfície de densidade tem alguns aglomerados de árvores em diferentes locais de cada bloco. Geralmente os locais com maior densidade de adultas têm a densidade menor de indivíduos regenerantes, sugerindo uma possível interação negativa entre as classes.

Camarero e Gutiérrez (1999) citam que a regeneração pode estar muito determinada por mecanismos de interação positiva entre espécies ou indivíduos (facilitação), o que explicaria o aparecimento de agregação para as plântulas,

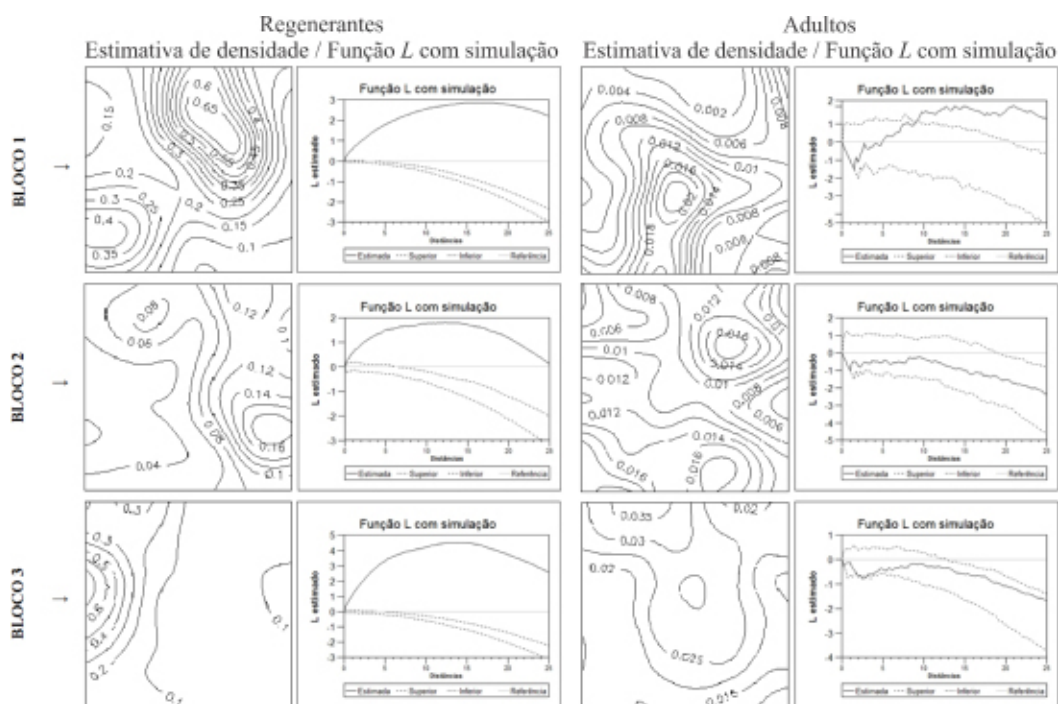


Figura 6. Mapas de densidade e gráficos da função L -univariada para indivíduos adultos e regenerantes de canela-sassafrás em cada bloco na FLONA de Irati, Paraná

Figure 6. Density maps and function L -univariate graphics for adult individuals and wildlings of canela-sassafrás in each block in Irati National Forest, Paraná, Brazil

afastado das árvores adultas. Evolutivamente este comportamento pode conferir vantagens à espécie como uma estratégia de ocupação de habitat.

Para os indivíduos de canela-sassafrás em fase de regeneração o padrão espacial foi significativamente agregado no raio de até 25 m nos três blocos analisados (Figura 6). A característica apresentada pela curva do L estimado em estabilizar próximo aos 15 metros sugere que este é o tamanho médio dos agrupamentos. Para as árvores adultas de canela-sassafrás, o padrão aleatório predominou, exceto no Bloco 1.

Cetnarski Filho (2003) analisou o grau de dispersão da regeneração de *O. odorifera* a partir do Índice de Morisita (I_d), encontrando o padrão de dispersão agregado de conformidade com os resultados encontrados por Sidoruk Vidal (2000). De acordo com Antonini e Nunes-Freitas (2004), o padrão agregado de distribuição espacial é característico de espécies vegetais dispersas por animais.

O padrão espacial de indivíduos adultos reflete o padrão espacial de recrutamento e a influência de fatores de mortalidade, que podem diferir em intensidade entre locais distintos (CRAWLEY, 1986) e tende a ser menos agregado do que o de plântulas para espécies com alta taxa de mortalidade dependente de densidade (SILVA et al., 2009).

Referências

ANTONINI, R. D.; NUNES-FREITAS, A. F. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina* DC. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta Bot. Bras.** v.18, p.671-676. 2004.

BADDELEY, A. **Analysing spatial point patterns in R**. Workshop Notes, Version 4.1. CSIRO and University of Western Australia. p.232, 2010.

BADDELEY, A.; TURNER, R. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. **Journal of Statistical Software**, v.12, n.6, p.1-42, 2005.

Conclusões

A densidade de indivíduos adultos e regenerantes encontrada na área de estudo, sugere que *O. odorifera* tem boa capacidade de se regenerar naturalmente e apresenta potencialidades para o manejo e conservação, o que refuta a hipótese da espécie estar ameaçada de extinção por causas naturais. Há que se adotar, sim, medidas para o correto manejo sustentável da espécie.

A espécie apresentou padrão espacial agregado para a regeneração natural em todas as escalas analisadas, indicando um padrão característico da espécie nas fases iniciais. Os principais processos subjacentes podem estar associados à ocorrência de manchas de habitat favorável ocasionado pela heterogeneidade ambiental, além de outras hipóteses relacionadas à dispersão zoocórica por espécies com hábitos alimentares ligados a abrigos ou poleiros naturais.

O comportamento de mudança do padrão espacial agregado para padrão aleatório, com o aumento do tamanho dos indivíduos, sugere que a mortalidade e o recrutamento estão sendo determinados principalmente por fatores bióticos como a competição intraespecífica e mortalidade dependente de densidade.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive Spatial Data Analysis**. New York: John Wiley and Sons, 1995. 413p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4 ed. Oxford: Blackwell, 2006. 738p.

BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. C. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v.80, n.6, p.1987–2005, 1999.

CAMERA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Garrido J Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395–403, 1996.

CAMARERO, J. J.; GUTIÉRREZ, E. Estructura, patrón espacial y regeneración de una población de *Pinus uncinata* Ram. en su límite occidental de distribución (Castillo de Vinuesa, Soria-La Rioja). **Zubía**, v.17, p.99–153, 1999.

CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley**. 2004. 79f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2004.

CETNARSKI FILHO, R. **Regeneração natural de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) em uma Floresta Ombrófila Mista, no estado do Paraná**. 2003. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2003.

CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986. 496p.

CRUZ ROT, M. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. **Ecosistemas**, Madrid, v.15, n.3, p.19–39, set. 2006.

DIGGLE, P. J. **Statistical analysis of spatial point patterns (2nd ed)**. London: Arnold, UK, 2003.

FOOK, K. D. **Integração da estatística espacial em ambientes GIS**. 2005. 41f. Monografia (Monografia de Qualificação em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP (INPE), São José dos Campos, SP. [online]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~karla/qualificacao.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2012.

GOODCHILD, M. F.; HAINING, R. P. GIS and spatial data analysis: covering perspectives. **Papers in Regional Science**, v.83, p.363–385, 2004.

INPE, 2006: Estimador por Kernel. **Tutorial do Spring 5.1**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

LAW, R.; ILLIAN, J. B.; BURSLEM, D. F. R. P.; GRATZER, G.; GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. **Journal of Ecology**, v.97, n.4, p.616–628, 2009.

MATTEUCCI, W. G.; COLMA, A. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Washington: OEA, 1982. 168p.

PERRY, G. L. W.; MILLER, B. P.; ENRIGHT, N. J. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. **Plant Ecology**, v.187, n.1, p.59-82, 2006.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 12 set. 2011.

RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society**, series B, v.39, n.2, p.172-212, 1977.

RIPLEY, B. D. **Spatial Statistics**. New York: John Wiley and Sons, 1981. 252p.

TerraView 4.0.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/terraview>. Acesso em: 8 jun. 2011.

SCHABENBERGER, O.; GOTWAY, C. A. **Statistical methods for spatial data analysis**. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2005. 488 p.

SIDORUK VIDAL, M. A. **Análise biométrica da regeneração natural de algumas espécies em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no Município de Cássia-MG**. 2000. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 200.

SILVA, K. E.; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C. A. A. S. Padrões espaciais de espécies arbóreas tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: UFV, 2009. p.216-244. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/885268>>. Acesso em: 28 dez. 2011.